

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-300086

(P2006-300086A)

(43) 公開日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 1 6 C 41/00 (2006.01)	F 1 6 C 41/00	2 F 0 5 1
B 6 0 B 35/02 (2006.01)	B 6 0 B 35/02	3 J 1 0 1
F 1 6 C 19/18 (2006.01)	F 1 6 C 19/18	
F 1 6 C 19/52 (2006.01)	F 1 6 C 19/52	
G 0 1 L 5/00 (2006.01)	G 0 1 L 5/00	K
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)		

(21) 出願番号 特願2005-118080 (P2005-118080)

(22) 出願日 平成17年4月15日 (2005.4.15)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(74) 代理人 100087457

弁理士 小山 武男

(74) 代理人 100120190

弁理士 中井 俊

(74) 代理人 100056833

弁理士 小山 欽造

(72) 発明者 滝澤 岳史

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 小野 浩一郎

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

最終頁に続く

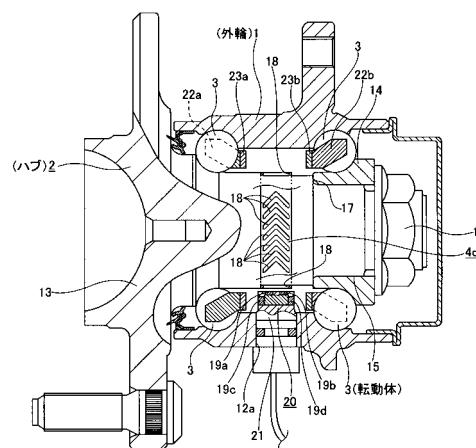
(54) 【発明の名称】 荷重測定装置付転がり軸受ユニット

(57) 【要約】

【課題】 個々の転がり軸受ユニット毎に転動体3、3に付与されている予圧が異なったり、或いは、長期間に互る使用に伴って、この予圧が変化した場合でも、この予圧の値を把握可能にする。そして、上記転がり軸受ユニットに加わる荷重を正確に求められる構造を実現する。

【解決手段】 外輪1とハブ2との相対変位に基づいて、これら外輪1とハブ2との間に加わる荷重を求める。この荷重を求める為の演算器は、上記相対変位及びこの荷重を求める機能の他、上記各転動体3、3に付与された予圧を求める機能と、この機能により求めた予圧に基づいて、上記変位から荷重を求める際に使用する、これら変位と荷重との関係に関する零点及びゲイン特性を補正する機能とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

転がり軸受ユニットと荷重測定装置とを備え、このうちの転がり軸受ユニットは、使用状態でも回転しない静止側軌道輪と、使用状態で回転する回転側軌道輪と、これら静止側軌道輪と回転側軌道輪との互いに対向する周面に存在する静止側軌道と回転側軌道との間に設けられた複数個の転動体とを備えたものであり、上記荷重測定装置は、上記回転側軌道輪と共に回転する部分にこの回転側軌道輪と同心に設けられ、被検出面の特性を円周方向に関して交互に変化させると共に、特性変化のパターンを、測定すべき変位の方
向に対応して漸次変化させている被検出部と、検出部を上記被検出面に対向させた状態で回転しない部分に支持され、この被検出面の特性変化に対応した波形の信号を出力するセンサ装置と、このセンサ装置の出力信号を入力される演算器とを備え、この演算器は、上記出力信号が変化するパターンに基づいて上記変位を求める第一の機能と、この第一の機能により求めた変位から上記静止側軌道輪と上記回転側軌道輪との間に加わる荷重を求める第二の機能と、上記各転動体に付与された予圧を推定する第三の機能と、この第三の機能により推定した予圧に基づいて、上記第二の機能で変位から荷重を求める際に使用する、これら変位と荷重との関係に関する零点及びゲイン特性を補正する、第四の機能とを有するものである荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 2】

第三の機能による予圧の推定は、回転側軌道輪と静止側軌道輪との間にアキシャル荷重が作用していない状態での、各転動体の公転速度と上記回転側軌道輪の回転速度との関係に基づいて行なうものである、請求項 1 に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 3】

転がり軸受ユニットが自動車の車輪支持用のハブユニットであり、使用状態では、静止側軌道輪が自動車の懸架装置に支持され、回転側軌道輪であるハブに車輪が結合固定される、請求項 2 に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 4】

第三の機能による予圧の推定は、車輪を地面から浮上させた状態での、各転動体の公転速度と回転側軌道輪の回転速度との関係に基づいて行なうものである、請求項 3 に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 5】

演算器が第一の機能により求める変位は、回転側軌道輪と静止側軌道輪との間のアキシャル方向の変位であり、第三の機能による予圧の推定は、車両が直進走行中に測定した、各転動体の公転速度と上記回転側軌道輪の回転速度との関係に基づいて行なう、請求項 3 に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 6】

車両が直進走行中であるか否かを、車体に設置されている舵角センサと加速度センサとヨーレートセンサとのうちから選択された 1 乃至 2 以上のセンサの信号に基づいて推定する、請求項 5 に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 7】

車両が直進走行中であるか否かを、互いに別の車輪の回転速度を表す複数の信号に基づいて推定する、請求項 5 に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 8】

被検出部は第一、第二の被検出面を備えたものであり、センサ装置は第一、第二のセンサから成るものであり、このうちの第一の被検出面はその特性を、円周方向に関して交互に変化させると共に、この変化の位相を、測定すべき変位の方
向に対応して漸次変化させたものであり、上記第一のセンサは、第一の検出部を上記第一の被検出面に対向させた状態で回転しない部分に支持され、この第一の被検出面の特性変化に対応してその出力信号を変化させるものであり、上記第二の被検出面はその特性を、円周方向に関して交互に、且つ、上記第一の被検出面と同じピッチで変化させると共に、上記測定すべき変位の方
向に対応する位相の変化状態を上記第一の被検出面と異ならせたものであり、上記第二のセ

ンサは、第二の検出部を上記第二の被検出面に対向させた状態で回転しない部分に支持され、この第二の被検出面の特性変化に対応してその出力信号を変化させるものであり、演算器は、第一の機能として、上記第一、第二のセンサの出力信号の位相差に基づいて、静止側軌道輪と回転側軌道輪との相対変位量を求める、請求項 1 ～ 7 のうちの何れか 1 項に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【請求項 9】

1 個の被検出面の特性変化のピッチが、測定すべき変位の方角に対応して漸次変化しており、センサ装置を構成する 1 個のセンサの検出部が上記被検出面に対向しており、演算器は、第一の機能として、この 1 個のセンサの出力信号のデューティ比に基づいて、静止側軌道輪と回転側軌道輪との相対変位量を求める、請求項 1 ～ 7 のうちの何れか 1 項に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

10

【請求項 10】

第三の機能による予圧の推定を、各転動体の公転運動に伴う振動の周波数から求められる、これら各転動体の公転速度に基づいて行なう、請求項 2 ～ 9 のうちの何れか 1 項に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明に係る荷重測定装置付転がり軸受ユニットは、例えば車両（自動車）の車輪を懸架装置に対して回転自在に支持すると共に、この車輪に加わる荷重の大きさを測定して、車両の安定運行の確保に利用する。或は、各種工作機械の主軸を支持する為の転がり軸受ユニットに組み込んで、この主軸に加わる荷重を測定し、工具の送り速度等を適切に調節する為に利用する。

20

【背景技術】

【0002】

例えば、車両の車輪を懸架装置に対して回転自在に支持する為に、転がり軸受ユニットを使用する。又、車両の走行安定性を確保する為に、アンチロックブレーキシステム（ABS）やトラクションコントロールシステム（TCS）、エレクトロニックスタビリティコントロール（ESC、例えばVSC）等の車両の走行状態安定化装置が広く使用されている。これらABSやTCS、ESC（VSC）等の走行状態安定化装置によれば、制動時や加速時に於ける車両の走行状態を安定させる事はできるが、より厳しい条件でもこの安定性の確保を図る為には、車両の走行安定性に影響するより多くの情報を取り入れて、ブレーキやエンジンの制御を行なう事が必要になる。

30

【0003】

即ち、上記ABSやTCS、ESC（VSC）等の従来の走行状態安定化装置の場合には、タイヤと路面との滑りを検知してブレーキやエンジンを制御する、所謂フィードバック制御を行なっている為、これらブレーキやエンジンの制御が一瞬とは言え遅れる。言い換えれば、厳しい条件下での性能向上を図るべく、所謂フィードフォワード制御により、タイヤと路面との間に滑りが発生しない様にしたり、左右の車輪の制動力が極端に異なる所謂ブレーキの片効きを防止する事はできない。

40

【0004】

このような問題に対応すべく、上記フィードフォワード制御等を行なう為には、懸架装置に対して車輪を支持する為の転がり軸受ユニットに、この車輪に加わるアキシアル荷重を測定する為の荷重測定装置を組み込む事が考えられる。このような場合に使用可能な荷重測定装置付車輪支持用転がり軸受ユニットとして従来から、特許文献 1 ～ 3 に記載されたものが知られている。

【0005】

このうちの特許文献 1 に記載された従来構造の第 1 例の場合、外輪の外周面に設けた固定側フランジの内側面複数個所で、この固定側フランジをナックルに結合する為のボルトを螺合する為のねじ孔を囲む部分に、それぞれ荷重センサを添設している。上記外輪を上

50

記ナックルに支持固定した状態でこれら各荷重センサは、このナックルの外側面と上記固定側フランジの内側面との間で挟持される。この様な従来構造の第2例の荷重測定装置付転がり軸受ユニットの場合、車輪と上記ナックルとの間に加わるアキシアル荷重は、上記各荷重センサにより測定される。

【0006】

又、特許文献2には、外輪の円周方向4箇所位置に支持した変位センサユニットとハブに外嵌固定した断面L字形の被検出リングとにより、上記4箇所位置での、上記外輪に対する上記ハブの、ラジアル方向及びアキシアル方向の変位を検出し、各部の検出値に基づいて、このハブに加わる荷重の方向及びその大きさを求める構造が記載されている。

【0007】

又、特許文献3には、一部の剛性を低くした外輪相当部材に動的歪みを検出する為のストレンゲージを設け、このストレンゲージが検出する転動体の通過周波数から転動体の公転速度を求め、この公転速度から、転がり軸受に加わるアキシアル荷重を測定する方法が記載されている。

【0008】

更に、特許文献4には、互いに逆方向の接触角を付与された状態で複列に配置された転動体の公転速度に基づいて、外輪等の静止側軌道輪とハブ等の回転側軌道輪との間に作用する、ラジアル荷重或いはアキシアル荷重を測定する、荷重測定装置付転がり軸受ユニットに関する発明が記載されている。

【0009】

上述の特許文献1に記載された従来構造の第1例の場合、ナックルに対し外輪を支持固定する為のボルトと同数だけ、荷重センサを設ける必要がある。この為、荷重センサ自体が高価である事と相まって、荷重測定装置付転がり軸受ユニット全体としてのコストが相当に嵩む事が避けられない。又、特許文献2に記載された構造は、外輪の周方向4箇所位置にセンサを設置する為、上記特許文献1に記載された構造よりも更にコストが嵩む。又、特許文献3に記載された方法は、外輪相当部材の一部の剛性を低くする必要があり、この外輪相当部材の耐久性確保が難しくなる可能性がある。更に、特許文献4に記載された構造の場合、荷重に基づく公転速度の変化量が小さい為、この荷重の測定精度を向上させる面からは改良が望まれる。

【0010】

この様な事情に鑑みて特願2004-279155号には、荷重の作用方向に配置された1対のセンサの出力信号の位相差に基づき、転がり軸受ユニットに加わる荷重の大きさを測定する発明が開示されている。図5～12は、上記出願に開示された先発明のうちの2例の構造を示している。これら各先発明に係る構造は、何れも、図5、9に示す様に、懸架装置に支持された状態で回転しない静止側軌道輪である外輪1の内径側に、車輪を支持固定（結合固定）して回転する回転側軌道輪であるハブ2を、複数個の転動体3、3を介して回転自在に支持している。そして、このハブ2の中間部にエンコーダ4、4aを外嵌固定すると共に、上記外輪1の軸方向中間部で複列に配置された上記各転動体3、3の間部分にセンサ5、5aを、それぞれの検出部を、被検出面である上記エンコーダ4、4aの外周面に近接対向させた状態で、それぞれ1対ずつ設けている。尚、上記センサ5、5aの検出部には、ホールIC、ホール素子、MR素子、GMR素子等の磁気検知素子を組み込む事が適切である。

【0011】

図5～7に示した、先発明の第1例の構造の場合、上記エンコーダ4として、永久磁石製のものを使用している。被検出面である、このエンコーダ4の外周面には、N極に着磁した部分とS極に着磁した部分とを、円周方向に関して交互に且つ等間隔で配置している。これらN極に着磁された部分とS極に着磁された部分との境界は、上記エンコーダ4の軸方向に対し同じ角度だけ傾斜させると共に、この軸方向に対する傾斜方向を、このエンコーダ4の軸方向中間部を境に互いに逆方向としている。従って、上記N極に着磁された部分とS極に着磁された部分とは、軸方向中間部が円周方向に関して最も突出した（又は

10

20

30

40

50

凹んだ）、「く」字形となっている。

【 0 0 1 2 】

又、上記両センサ 5、5 の検出部が上記エンコーダ 4 の外周面に対向する位置は、このエンコーダ 4 の円周方向に関して同じ位置としている。言い換えれば、上記両センサ 5、5 の検出部は、上記外輪 1 の中心軸を含む仮想平面上に配置されている。又、この外輪 1 と上記ハブ 2 との間にアキシアル荷重が作用しない状態で、上記 N 極に着磁された部分と S 極に着磁された部分との軸方向中間部で円周方向に関して最も突出した部分（境界の傾斜方向が変化する部分）が、上記両センサ 5、5 の検出部同士の間丁度中央位置に存在するように、各部材 4、5、5 の設置位置を規制している。この様に、上記境界の傾斜方向が変化する部分を上記中央位置に存在させる事で、内外輪の温度差や熱膨張等の変形による誤差（変位が生じていなくても内外輪の温度差によって位相差が生じる、所謂オフセット）を小さく抑えられる様にしている。尚、先発明の第 1 例の場合には、上記エンコーダ 4 として永久磁石製のものを使用しているので、上記両センサ 5、5 側に永久磁石を組み込む必要はない。

10

【 0 0 1 3 】

上述の様に構成する先発明の第 1 例の場合、上記外輪 1 とハブ 2 との間にアキシアル荷重が作用すると、上記両センサ 5、5 の出力信号が変化する位相がずれる。即ち、上記外輪 1 とハブ 2 との間にアキシアル荷重が作用しておらず、上記外輪 1 と上記ハブ 2 とが相対変位していない、中立状態では、上記両センサ 5、5 の検出部は、図 8 の（A）の実線イ、イ上、即ち、上記最も突出した部分から軸方向に同じだけずれた部分に対向する。従って、上記両センサ 5、5 の出力信号の位相は、同図の（C）に示す様に一致する。

20

【 0 0 1 4 】

これに対して、上記エンコーダ 4 を固定したハブ 2 に、図 8 の（A）で下向きのアキシアル荷重が作用し、外輪 1 とハブ 2 とがアキシアル方向（軸方向）に相対変位した場合には、上記両センサ 5、5 の検出部は、図 8 の（A）の破線ロ、ロ上、即ち、上記最も突出した部分からの軸方向に関するずれが互いに異なる部分に対向する。この状態では上記両センサ 5、5 の出力信号の位相は、同図の（B）に示す様にずれる。更に、上記エンコーダ 4 を固定したハブ 2 に、図 8 の（A）で上向きのアキシアル荷重が作用した場合には、上記両センサ 5、5 の検出部は、図 8 の（A）の鎖線ハ、ハ上、即ち、上記最も突出した部分からの軸方向に関するずれが、逆方向に互いに異なる部分に対向する。この状態では上記両センサ 5、5 の出力信号の位相は、同図の（D）に示す様にずれる。

30

【 0 0 1 5 】

上述の様に先発明の第 1 例の場合には、上記両センサ 5、5 の出力信号の位相が、上記外輪 1 とハブ 2 との間に加わるアキシアル荷重の方向に応じた方向にずれる。又、このアキシアル荷重により上記両センサ 5、5 の出力信号の位相がずれる程度（変位量）は、このアキシアル荷重が大きくなる程大きくなる。従って第 1 例の場合には、上記両センサ 5、5 の出力信号の位相ずれの有無、ずれが存在する場合にはその方向及び大きさに基づいて、上記外輪 1 とハブ 2 との間に作用しているアキシアル荷重の方向及び大きさを求められる。

【 0 0 1 6 】

次に、図 9 ～ 12 に示した、先発明の第 2 例の構造の場合には、ハブ 2 の中間部に、磁性金属板製のエンコーダ 4 a を外嵌固定している。被検出面である、このエンコーダ 4 a の外周面には、スリット状の透孔 6 a、6 b と柱部 7 a、7 b とを、円周方向に関して交互に且つ等間隔で配置している。これら各透孔 6 a、6 b と各柱部 7 a、7 b とは、上記エンコーダ 4 a の軸方向に対し同じ角度だけ傾斜させると共に、この軸方向に対する傾斜方向を、このエンコーダ 4 a の軸方向中間部を境に互いに逆方向としている。即ち、このエンコーダ 4 a は、軸方向片半部に、上記軸方向に対し所定方向に同じだけ傾斜した透孔 6 a、6 a を形成すると共に、軸方向他半部に、この所定方向と逆方向に同じ角度だけ傾斜した透孔 6 b、6 b を形成している。

40

【 0 0 1 7 】

50

一方、外輪 1 の軸方向中間部で複列に配置された転動体 5、5 同士の間部分に、前記 1 対のセンサ 5 a、5 a を設置し、これら両センサ 5 a、5 a の検出部を、上記エンコーダ 4 a の外周面に近接対向させている。これら両センサ 5 a、5 a の検出部がこのエンコーダ 4 a の外周面に対向する位置は、このエンコーダ 4 a の円周方向に関して同じ位置としている。又、上記外輪 1 とハブ 2 との間にアキシアル荷重が作用しない状態で、上記各透孔 6 a、6 b 同士の上に位置し、全周に連続するリム部 8 が、上記両センサ 5 a、5 a の検出部同士の間丁度中央位置に存在する様に、各部材 4 a、5 a、5 a の設置位置を規制している。尚、先発明の第 2 例の場合には、上記エンコーダ 4 a が単なる磁性材製である為、上記両センサ 5 a、5 a の側に永久磁石を組み込む必要がある。

【0018】

10

上述の様に構成する先発明の第 2 例の場合、上記外輪 1 とハブ 2 との間にアキシアル荷重が作用（し外輪 1 とハブ 2 とがアキシアル方向に相対変位）すると、前述した先発明の第 1 例の場合と同様に、上記両センサ 5 a、5 a の出力信号が変化する位相がずれる。即ち、上記外輪 1 とハブ 2 との間にアキシアル荷重が作用していない状態では、上記両センサ 5 a、5 a の検出部は、図 12 の（A）の実線イ、イ上、即ち、上記リム部 8 から軸方向に同じだけずれた部分に対向する。従って、上記両センサ 5 a、5 a の出力信号の位相は、同図の（C）に示す様に一致する。

【0019】

これに対して、上記エンコーダ 4 a を固定したハブ 2 に、図 12 の（A）で下向きのアキシアル荷重が作用した場合には、上記両センサ 5 a、5 a の検出部は、図 12 の（A）の破線ロ、ロ上、即ち、上記リム部 8 からの軸方向に関するずれが互いに異なる部分に対向する。この状態では上記両センサ 5 a、5 a の出力信号の位相は、同図の（B）に示す様にずれる。更に、上記エンコーダ 4 a を固定したハブ 2 に、図 12 の（A）で上向きのアキシアル荷重が作用した場合には、上記両センサ 5 a、5 a の検出部は、図 12 の（A）の鎖線ハ、ハ上、即ち、上記リム部 8 からの軸方向に関するずれが、逆方向に互いに異なる部分に対向する。この状態では上記両センサ 5 a、5 a の出力信号の位相は、同図の（D）に示す様にずれる。

20

【0020】

上述の様に先発明の第 2 例の場合も、前述の先発明の第 1 例の場合と同様に、上記両センサ 5 a、5 a の出力信号の位相が、上記外輪 1 とハブ 2 との間に加わるアキシアル荷重の方向に応じた方向にずれる。又、このアキシアル荷重により上記両センサ 5 a、5 a の出力信号の位相がずれる程度は、このアキシアル荷重が大きくなる程大きくなる。従って第 2 例の場合も、上記両センサ 5 a、5 a の出力信号の位相ずれの有無、ずれが存在する場合にはその方向及び大きさに基づいて、上記外輪 1 とハブ 2 との間に作用しているアキシアル荷重の方向及び大きさを求められる。

30

【0021】

次に、図 13 ~ 14 に示した先発明の第 3 例の場合には、単一のセンサ 5 b により外輪 1 a とハブ 2 a との間に加わるアキシアル方向の変位を求める構造を示している。本例の場合には、重量の嵩む自動車の駆動輪を支持する為の車輪支持用転がり軸受ユニットを対象としている為に、転動体 3 a、3 a として円すいころを使用している。又、回転側軌道輪であるハブ 2 a の中心部に、等速ジョイントに付属のスプライン軸を挿通する為のスプライン孔 9 を形成している。そして、上記ハブ 2 a の軸方向中間部に、磁性金属材製で円環状のエンコーダ 4 b を外嵌固定している。このエンコーダ 4 b の外周面には、凹部 10、10 と凸部 11、11 とを、円周方向に関して交互に配置している。これら各凹部 10、10 と凸部 11、11 とは、円周方向から見た形状を台形として、それぞれの円周方向に関する幅寸法を、軸方向に関して漸次変化させている。

40

【0022】

一方、静止側軌道輪である上記外輪 1 a の中間部に形成した取付孔 12 に、磁気検知式のセンサ 5 b を挿通し、このセンサ 5 b の先端部に設けた検出部を、被検出面である、上記エンコーダ 4 b の外周面に近接対向させている。上記センサ 5 b の検出信号は、上記検

50

出部の近傍を上記各凹部 10、10 と上記各凸部 11、11 とが交互に通過する事に伴って変化する。そして、付属の波形整形回路により矩形波とされてから、図示しない演算器に送り出される。この様に、波形整形回路から演算器に送り出される、上記センサ 5b の検出信号の変化のパターン（検出信号のデューティ比 = 高電位継続時間 / 1 周期）は、上記検出部が対向する、上記エンコーダ 4b の外周面の軸方向位置によって変化する。そこで、上記変化のパターンに基づいて、上記外輪 1a と上記ハブ 2a とのアキシアル方向の相対変位、延いてはこれら外輪 1a とハブ 2a との間に作用するアキシアル荷重を求められる。

【0023】

次に、図 15 は、先発明の第 4 例として、単一のセンサにより外輪 1、1a とハブ 2、2a と（図 1、5、9、13 参照）の間のラジアル方向の変位を求める為の構造を示している。この構造に組み込むエンコーダ 4c は、磁性金属板により円輪状に形成されたもので、それぞれが径方向外側程円周方向に関する幅が大きくなる、台形の透孔 6c、6c を、円周方向に関して等間隔に形成している。この様なエンコーダ 4c の軸方向片側面にはセンサの検出部を、近接対向させる。この様なエンコーダ 4c を含んで構成する、先発明の第 4 例の場合、ラジアル荷重に基づいて外輪 1、1a とハブ 2、2a とが径方向に相対変位すると、上記センサの検出信号のデューティ比（高電位継続時間 / 1 周期）が変化する。そこで、このデューティ比に基づいて、上記相対変位の大きさ、更には上記外輪 1、1a とハブ 2、2a との間に加わるラジアル荷重の大きさを求められる。

【0024】

何れにしても、上述の様な先発明に係る荷重測定装置付転がり軸受ユニットにより求めた変位（ラジアル方向の変位とアキシアル方向の変位との一方又は双方）は、上記転がり軸受ユニットに加わる荷重（ラジアル荷重とアキシアル荷重との一方又は双方）と関連性を持っている。従って、上記各方向の変位に基づいて、これら各荷重を求められる。又、この様にして求めた荷重は、車輪（タイヤ）との接触面で生じている荷重と等価である。従って、この求めた荷重に基づいて車両の走行状態を安定化させる為の制御を行えば、車両の姿勢が不安定になる事を予防する為のフィードフォワード制御が可能になる等、車両の走行安定性確保の為の高度な制御が可能になる。

【0025】

ところで、上述の様にして外輪 1、1a とハブ 2、2a との間のアキシアル方向或いはラジアル方向の変位、更にはこれら外輪 1、1a とハブ 2、2a との間に加わるアキシアル荷重或いはラジアル荷重を求める、複列転がり軸受ユニットには、所定の予圧を付与している。この様な予圧の付与は、車輪等の回転部材の支持剛性を高め、この回転部材の回転精度を向上させる為に必要である。又、先発明に係る荷重測定装置付転がり軸受ユニットにより、この転がり軸受ユニットに加わるアキシアル荷重或いはラジアル荷重を求める場合、転がり軸受ユニットは、予圧を付された複列転がり軸受ユニットである事が重要になる。予圧を付与されていない（正の内部隙間を有する）転がり軸受ユニットの場合、アキシアル荷重或いはラジアル荷重の大きさとアキシアル方向或いはラジアル方向に関する変位との間に、明確な相関関係がない為、上記アキシアル荷重或いはラジアル荷重を求める事はできない。

【0026】

この為、先に述べた図 5、9、13 に示した構造は、何れも、ハブ 2、2a として、ハブ本体 13、13a と内輪 14、14a とを結合固定したものを使用して、各転動体 3、3a に背面組み合わせ形の接触角と共に予圧を付与する様にしている。即ち、上記ハブ本体 13、13a の小径段部 15、15a に外嵌した上記内輪 14、14a を、このハブ本体 13 に螺合したナット 16、或いは駆動輪用の複列転がり軸受ユニットと組み合わせられる等速ジョイントのスプライン軸の先端部に螺合するナット（図示省略）の緊締に基づき、上記小径段部 15、15a の端部に存在する段差面 17、17a に向け抑え付けている。そして、上記ナット 16 の締め付けトルクを規制する事により、上記ハブ 2 の外周面に設けられた複列の内輪軌道同士の間隔が、上記外輪 1 の内周面に設けられた複列の外輪軌

10

20

30

40

50

道同士の間隔との関係で適正值になる様に、上記各転動体 3、3 a に所望の（適正值の）予圧を付与する様にしている。尚、上記内輪 1 4、1 4 a を上記ハブ本体 1 3、1 3 a に固定する為に、ナットに代えて、このハブ本体 1 3、1 3 a の端部を径方向外方に塑性変形して成る、かしめ部により行なう構造もある。又、外側の内輪軌道をハブ 2、2 a と別体の内輪に形成する構造等（例えば第 2 世代や第 2.5 世代のハブ）もある。

【0027】

この様に、上記各転動体 3、3 a に付与した予圧が、各複列転がり軸受ユニット同士の間で同じであり、しかも、付与された予圧が適正值のままであれば、特に問題を生じる事はない。これに対して、上記予圧は各複列転がり軸受ユニット毎に微妙に異なる事が避けられないし、一度付与した予圧にしても、長期間に亙る仕様に伴って変化する（低下する）場合がある。そして、予圧の値が異なると、変位と荷重との関係である、零点とゲインとの一方又は双方が変化する。この為、予圧が変化する程度によっては、上記転がり軸受ユニットに加わる荷重を、例えば自動車の走行安定性確保の為に必要とする精度で求められなくなる可能性がある。

10

【0028】

【特許文献 1】特開平 3 - 209016 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 3918 号公報

【特許文献 3】特公昭 62 - 3365 号公報

【特許文献 4】特開 2005 - 31063 号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0029】

本発明は、上述の様な事情に鑑みて、個々の転がり軸受ユニット毎に転動体に付与されている予圧が異なったり、或いは、長期間に亙る仕様に伴って、この予圧が変化した場合でも、この予圧の値を把握し、上記転がり軸受ユニットに加わる荷重を正確に求められる構造を実現すべく発明したものである。

【課題を解決するための手段】

【0030】

本発明の荷重測定装置付転がり軸受ユニットは、転がり軸受ユニットと荷重測定装置とを備える。

30

このうちの転がり軸受ユニットは、使用状態でも回転しない静止側軌道輪と、使用状態で回転する回転側軌道輪と、これら静止側軌道輪と回転側軌道輪との互いに対向する周面に存在する静止側軌道と回転側軌道との間に設けられた複数個の転動体とを備える。

又、上記荷重測定装置は、上記回転側軌道輪と共に回転する部分にこの回転側軌道輪と同心に設けられ、被検出面の特性を円周方向に関して交互に変化させると共に、特性変化のパターンを、測定すべき変位の方角に対応して漸次変化させている被検出部と、検出部を上記被検出面に対向させた状態で回転しない部分に支持され、この被検出面の特性変化に対応した波形の信号（例えば矩形波信号）を出力するセンサ装置と、このセンサ装置の出力信号を入力される演算器とを備える。

そして、この演算器は、上記出力信号が変化するパターンに基づいて上記変位を求める第一の機能と、この第一の機能により求めた変位から上記静止側軌道輪と上記回転側軌道輪との間に加わる荷重を求める第二の機能と、上記各転動体に付与された予圧を推定する第三の機能と、この第三の機能により推定した予圧に基づいて、上記第二の機能で変位から荷重を求める際に使用する、これら変位と荷重との関係に関する零点及びゲイン特性を補正する、第四の機能とを有する。

40

【発明の効果】

【0031】

上述の様に構成する本発明の荷重測定装置付転がり軸受ユニットは、前述した先発明の場合と同様に、演算器の第一の機能により静止側軌道輪と回転側軌道輪との相対変位を求め、次いで、第二の機能により、これら両軌道輪同士の間に加わる荷重を求める。更に、

50

本発明の荷重測定装置付転がり軸受ユニットは、演算器が、第三の機能により各転動体に加わる予圧を推定し、第四の機能により変位と荷重との関係に関する零点及びゲイン特性を補正する。従って、個々の転がり軸受ユニット毎に転動体に付与されている予圧が異なったり、或いは、長期間に亙る使用に伴って、この予圧が変化した場合でも、上記第二の機能に基づいて、上記静止側軌道輪と上記回転側軌道輪との間に作用する荷重の値を正確に算出できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

本発明を実施する場合に好ましくは、請求項2に記載した様に、第三の機能による予圧の推定を、回転側軌道輪と静止側軌道輪との間にアキシャル荷重が作用していない状態で、各転動体の公転速度と上記回転側軌道輪の回転速度との関係に基づいて行なう。

10

この様に構成すれば、この回転速度の変動に拘らず、上記予圧の推定を正確に行なえる。

【0033】

又、上述の様な請求項2に記載した発明を実施する場合に好ましくは、請求項3に記載した様に、転がり軸受ユニットが自動車の車輪支持用のハブユニットとする。そして、使用状態では、静止側軌道輪を自動車の懸架装置に支持し、回転側軌道輪であるハブに車輪を結合固定する。

この様に構成すれば、上記車輪に加わる荷重を正確に求めて、この車輪を有する車両の走行安定性確保の為に制御を有効に図れる。

20

【0034】

又、上述の様な請求項3に記載した発明を実施する場合に好ましくは、請求項4に記載した様に、第三の機能による予圧の推定を、車輪を地面から浮上させた状態での、各転動体の公転速度と回転側軌道輪の回転速度との関係に基づいて行なう。

この様に構成すれば、車体の重量に基づくラジアル荷重の影響をなくして、静止側軌道輪と上記回転側軌道輪との間（懸架装置と車輪との間）に加わる荷重を求める為に必要な予圧、延ては変位と荷重との関係を表す零点及びゲイン特性を、アキシャル方向の変位とアキシャル荷重とに関する零点及びゲイン特性に限らず、ラジアル方向の変位とラジアル荷重とに関する零点及びゲイン特性に就いても、正確に求められる。

【0035】

30

又、上述の様な請求項3に記載した発明を実施する場合に好ましくは、請求項5に記載した様に、演算器が第一の機能により求める変位を、回転側軌道輪と静止側軌道輪との間のアキシャル方向の変位とする。そして、第三の機能による予圧の推定を、車両が直進走行中に測定した、各転動体の公転速度と上記回転側軌道輪の回転速度との関係に基づいて行なう。

この様な請求項5に記載した荷重測定装置付転がり軸受ユニットを実施する場合には、例えば、請求項6に記載した様に、車両が直進走行中であるか否かを、車体に設置されている、前輪に付与されている舵角を検出する舵角センサと、横方向の加速度を検出する加速度センサと、ヨーレートセンサとのうちから選択された1乃至2以上のセンサの信号に基づいて推定する。

40

或は、請求項7に記載した様に、車両が直進走行中であるか否かを、互いに別の車輪の回転速度を表す複数の信号に基づいて推定する。

この様にすれば、乗車人数や積載状態の差により、車両重量が大きく変化した場合であっても、上記各転動体に加わる予圧を正確に推定し、アキシャル方向の変位からアキシャル荷重を求める場合に必要となる零点とゲイン特性とを正確に求めて、このアキシャル荷重を正確に求められる。

【0036】

又、本発明を実施する場合に好ましくは、請求項8に記載した様に、被検出部を、第一、第二の被検出面を備えたものとし、センサ装置は、第一、第二のセンサから成るものとする。そして、このうちの第一の被検出面はその特性を、円周方向に関して交互に変化さ

50

せると共に、この変化の位相を、測定すべき変位の方向に対応して漸次変化させたものとし、上記第一のセンサは、第一の検出部を上記第一の被検出面に対向させた状態で回転しない部分に支持され、この第一の被検出面の特性変化に対応してその出力信号を変化させるものとする。又、上記第二の被検出面はその特性を、円周方向に関して交互に、且つ、上記第一の被検出面と同じピッチで変化させると共に、上記測定すべき変位の方向に対応する位相の変化状態を上記第一の被検出面と異ならせたものとし、上記第二のセンサは、第二の検出部を上記第二の被検出面に対向させた状態で回転しない部分に支持され、この第二の被検出面の特性変化に対応してその出力信号を変化させるものとする。更に、演算器は、第一の機能として、上記第一、第二のセンサの出力信号の位相差に基づいて、静止側軌道輪と回転側軌道輪との相対変位量を求める。

10

【0037】

或いは、請求項9に記載した様に、1個の被検出面の特性変化のピッチを、測定すべき変位の方向に対応して漸次変化させる。そして、センサ装置を構成する1個のセンサの検出部を、上記被検出面に対向させる。更に、演算器は、第一の機能として、この1個のセンサの出力信号のデューティ比に基づいて、静止側軌道輪と回転側軌道輪との相対変位量を求める。

この様な請求項8或いは請求項9に記載した構造を採用すれば、簡単な構成で、しかも、静止側軌道輪と回転側軌道輪との相対変位量、延いてはこれら両軌道輪同士の間に加わる荷重を、精度良く推定できる。

又、本発明を実施する場合に好ましくは、請求項10に記載した様に、第三の機能による予圧の推定を、各転動体の公転運動に伴う振動の周波数 zf 。(公転周波数 f 。 \times 転動体数 z)から求められる、これら各転動体の公転速度に基づいて行なう。尚、公転周波数 f 。を直接測定する事により、上記各転動体の公転速度を検出する事もできる。

20

この様に構成すれば、例えば静止側軌道輪と回転側軌道輪との間の相対変位を検出する変位情報や別途設けた振動センサの検出信号等から上記公転速度を検出できる為、この公転速度を検出する為の公転速度検出用センサ並びに公転速度検出用エンコーダを省略できる。

【実施例】

【0038】

本発明の実施例に就いて、図1を参照しつつ説明する。尚、本実施例の特徴は、個々の転がり軸受ユニット毎に転動体3、3に付与されている予圧が異なったり、或いは、長期間に亙る使用に伴って、この予圧が変化した場合でも、この予圧の値を把握し、上記転がり軸受ユニットに加わる荷重を正確に求められる構造を実現すべく、転がり軸受ユニットに関する組み付け誤差の影響或は経年変化を排除する点にある。静止側軌道輪である外輪1と回転側軌道輪であるハブ2との間のアキシアル方向の変位を推定し、この変位に基づいてこれら外輪1とハブ2との間に加わるアキシアル荷重を求める事に関する、基本的な構成及び作用に就いては、前述の図9～12で示した、先発明の第2例の場合と同様である。就いては、同等部分に関する説明は省略若しくは簡略にし、以下、本実施例の特徴である、上記組み付け誤差或は経年変化の影響を排除する点、及び、上記先発明の第2例の構造と異なる点に就いて説明する。

30

【0039】

本実施例の場合、上記ハブ2の中間部外周面に、磁性板製のエンコーダ4dを外嵌固定している。このエンコーダ4dの軸方向中間部には、それぞれが「く」字形の多数の透孔18、18を、円周方向に関して互いに等間隔に形成して、上記エンコーダ4dの軸方向中間部の磁気特性を、円周方向に関して等間隔に変化させている。この様なエンコーダ4dの構成に就いては、軸方向中間部にリム部8(図10～12参照)が存在しない点以外、上記先発明の第2例と同様である。

40

【0040】

一方、上記外輪2の軸方向中間部に取付孔12aを、この外輪1の内外両周面同士を連通させる状態で形成している。そして、この取付孔12a内に、4個のセンサ19a～1

50

9 dを組み込んだセンサユニット20を、径方向外方から内方に挿通している。これら各センサ19 a ~ 19 dのうち、このセンサユニット20を構成するホルダ21の先端面(図1の上端面)にそれぞれ露出した、2個のセンサ19 a、19 bの検出部は、上記エンコーダ4 dの外周面(被検出面)に近接対向している。そして、これら両センサ19 a、19 bの検出信号の位相差により、上記外輪1と上記ハブ2との間のアキシャル方向に関する変位を求め、この変位を、これら外輪1とハブ2との間に作用している荷重を求める為に利用する。この点に就いては、上記先発明の第2例の構造と同様であるから、重複する説明は省略する。

【0041】

これに対して、上記センサユニット20を構成するホルダ21の先端部内外両側面(図1の左右両側面)にそれぞれ露出した、2個のセンサ19 c、19 dは、上記アキシャル方向の変位からアキシャル荷重を求める際に使用する、零点及びゲインに影響する、各転動体3、3の予圧を求める為に利用する。即ち、上記両センサ19 c、19 dは、これら各転動体3、3の公転速度を求め、この公転速度から上記予圧を算出する為に利用する。この公転速度を求める為に、複列に配置された上記各転動体3、3を保持した1対の保持器22 a、22 bの互いに対向する面に、それぞれ公転速度検出用エンコーダ23 a、23 bを設置している。これら両公転速度検出用エンコーダ23 a、23 bは、被検出面である互いに対向する側面の磁気特性を、円周方向に関して交互に且つ等間隔で変化させている。従って、上記2個のセンサ19 c、19 dの出力信号は、上記各転動体3、3の公転速度に比例した周波数(反比例した周期)で変化し、この周波数(或いは周期)に基づいて上記各転動体3、3の公転速度を求められる。

【0042】

本実施例の場合、上記2個のセンサ19 c、19 dの出力信号に基づいて上記各転動体3、3の公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} を求め、この公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} と、前記ハブ2の回転速度 n_i とから、上記各転動体3、3の予圧 F_0 を求める。即ち、上記各転動体3、3の接触角はこの予圧 F_0 に応じて変化し(予圧 F_0 が大きくなる程、接触角が大きくなり)この接触角の変化に伴って上記公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} が変化するので、この公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} から、上記予圧 F_0 を求める。尚、上記両列の転動体3、3には、互いに同じ予圧 F_0 が付与された状態となるので、この予圧 F_0 を求める為には、必ずしも両列の転動体3、3の公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} を求める必要はない。又、上記ハブ2の回転速度 n_i は、前記エンコーダ4 dの外周面(被検出面)にその検出部を近接対向させたセンサ19 a(又は19 b)の検出信号に基づいて求める事ができる。即ち、このセンサ19 a(又は19 b)の検出信号の周波数は、上記ハブ2の回転速度 n_i に比例し、同じく周期はこの回転速度 n_i に反比例する。そこで、何れかの列の転動体3、3の公転速度 n_c と上記ハブ2の回転速度 n_i とから上記予圧 F_0 を求める方法に就いて説明する。

【0043】

上記公転速度 n_c は、一般的に、次の(1)式で表される。

$$n_c = \{ 1 - (d \cdot \cos \theta) / D \} \cdot (n_i / 2) + \{ 1 + (d \cdot \cos \theta) / D \} \cdot (n_o / 2) \quad (1)$$

この(1)式中、Dは上記各転動体3、3のピッチ円直径を、dはこれら各転動体3、3の直径を、 n_o は外輪1の回転速度を、それぞれ表している。本実施例の場合、ハブ2が回転し、外輪1は回転しない($n_o = 0$ である)ので、上記公転速度 n_c は、次の(2)式で表される。

$$n_c = \{ 1 - (d \cdot \cos \theta) / D \} \cdot (n_i / 2) \quad (2)$$

この(2)式中、上記各転動体3、3のピッチ円直径D、同じく直径dは既知(軸受諸元)であり、個々の転がり軸受ユニット毎に殆ど変わらないし、長期間に亙る使用によって変化する値でもない。

【0044】

従って、上記公転速度 n_c は、上記各転動体3、3の接触角 θ と、上記ハブ2の回転速度 n_i とによって決まる。又、この接触角 θ は、各方向の荷重によって変化するが、アキ

シアル荷重が負荷されていない状況下であれば、ほぼ上記予圧 F_0 によって決まる。図 2 は、予圧 F_0 を 4900 N (500 kgf) $\sim 7840\text{ N}$ (800 kgf) の間で 980 N (100 kgf) 刻みで変化させた場合に於ける、アキシアル荷重 F_y と、上記各転動体 3、3 の公転速度 n_c と上記ハブ 2 の回転速度 n_i との比 (n_c / n_i) との関係を示している。この様な図 2 から明らかな通り、上記各転動体 3、3 の公転速度 n_c (とハブ 2 の回転速度 n_i との比) は、上記予圧 F_0 により変化する。

【0045】

尚、上記図 2 の横軸に表したアキシアル荷重 F_y は、自動車の幅方向中央側 (内側、インナー側) に向けたアキシアル荷重 F_y の値を正 (+) としている。この点を考慮して上記図 2 を見ればから明らかな通り、アキシアル荷重 F_y を支承する側の転動体 3、3 の公転速度が n_c 、同じく支承しない側の転動体 3、3 の公転速度 n_c に比べて、上記アキシアル荷重 F_y の変化に対応して大きく変化する。これに対して、アキシアル荷重 F_y を支承しない側の転動体 3、3 の公転速度 n_c が、同じく支承する側の転動体 3、3 の公転速度 n_c に比べて、上記予圧 F_0 の変化に対応して大きく変化する。自動車の車輪支持用転がり軸受ユニットの場合、自動車の幅方向中央側に向いて加わるアキシアル荷重 F_y の値が、同じく幅方向外側 (アウター側) に向いて加わるアキシアル荷重 F_y の値よりも大きくなる。尚、このアキシアル荷重 F_y を支承しない側の転動体 3、3 に就いても、予圧 F_0 が残っている事が前提である。

10

【0046】

但し、上記接触角 α は、上記外輪 1 と上記ハブ 2 との間に加わるラジアル荷重によっても変化する。図 3 は、上下方向のラジアル荷重 F_z を変化させた場合に於ける、アキシアル荷重 F_y と、上記各転動体 3、3 の公転速度 n_c と上記ハブ 2 の回転速度 n_i との比 (n_c / n_i) との関係を示している。この様な図 3 から明らかな通り、上記ラジアル荷重 F_z が変化した場合にも上記各転動体 3、3 の接触角 α が変化し、その結果、これら各転動体 3、3 の公転速度 n_c が変化する。但し、アキシアル荷重 F_y が負荷されていない状態では、上記ラジアル荷重 F_z の変化に伴う上記公転速度 n_c の変化は小さい。従って、上記アキシアル荷重 F_y が負荷されていない状態、若しくは、このアキシアル荷重 F_y が小さい状態を判断し、その状態での上記公転速度 n_c を求めてから、上記予圧 F_0 を推定すれば、この予圧 F_0 に関して、精度の良い推定値を得られる。

20

【0047】

この為に例えば、車両が直進走行中に上記公転速度 n_c を求め、この公転速度 n_c に基づいて、前記アキシアル方向の変位から上記アキシアル荷重 F_y を求める為の零点及びゲイン特性の補正を行なう。この場合の様に、直進走行中にアキシアル荷重 F_y を求める為の零点及びゲイン特性の補正を行なうには、直進走行中に測定した、何れか又は双方の列の各転動体 3、3 の公転速度 n_{ca} (n_{cb}) と、上記ハブ 2 の回転速度 n_i との比 n_{ca} / n_i (n_{cb} / n_i) に基づいて、上記各転動体 3、3 の予圧 F_0 を求める。即ち、直進走行中には転がり軸受ユニットに、アキシアル荷重 F_y が殆ど発生していないと考えられるので、この直進走行中に上記補正を実施する。

30

【0048】

又、車両の走行状態が直進状態であるか否かは、車両に搭載されている舵角センサ、加速度センサ、ヨーレートセンサ等の情報に基づいて判断できる。直進走行状態であれば、操舵角、横加速度、ヨーレートが、何れもほぼ零となる。従って、上記各センサのうちから選択された 1 乃至 2 以上のセンサの信号に基づいて、上記走行状態が直進状態であるか否かを判定する。具体的には、選択されたセンサから得られる情報の何れか、或は総てが、予め規定した閾値以下であれば、直進走行状態であると判定する。尚、操舵角が或る一定の値であっても、走行速度によって、発生するアキシアル荷重は変化する為、舵角センサやヨーレートセンサの検出信号に基づく閾値は、走行速度に応じて可変にする事が望ましい。又、好ましくは、走行速度の変化が小さい、即ち、定速走行時若しくはそれに近い状態の時に、上記零点及びゲイン特性の補正を実施する事が、補正を正確に行なう面から好ましい。定速走行状態にあるか否かは、車輪の回転速度で判断しても良いし、前後方向

40

50

の加速度を検知する為の加速度センサの検出値から判断しても良い。更に、上記零点及びゲイン特性の補正は、ブレーキが作動していない状態で行なう事が好ましい。この理由は、ブレーキが作動している状態で上記補正を行なうと、キャリパがパッドをディスクに押し付ける荷重が、このディスクを固定したハブ2にも、アキシアル荷重として作用する可能性がある為である。

【0049】

又、直進走行状態にあるか否かは、左右の車輪の回転速度を検出するセンサ（各転がり軸受ユニットに組み込んだ、アキシアル方向の変位検出用のセンサ19a、19b）の検出信号に基づいて判断する事もできる。即ち、左右両車輪（を固定したハブ2）の回転速度がほぼ等しければ、車両が直進走行状態であると推定できる。この場合には、アキシアル荷重 F_y の算出にも使用する、上記センサ19a、19bの検出信号により直進状態であるか否かを推定するので、この推定作業を、上記アキシアル荷重 F_y を算出する演算器の中だけで（外部から信号を取り入れせずに）行なうと、上記零点とゲイン特性との補正を行なえる。

10

【0050】

何れにしても、アキシアル荷重 F_y が負荷されていない状況、若しくは、アキシアル荷重 F_y が小さい状態が分かれば、前述の図2から明らかな通り、予圧 F_0 を求められる。即ち、この図2の横軸でアキシアル荷重 F_y が0の状態での公転速度比 $\{ (\text{各転動体3、3の公転速度 } n_c) / (\text{ハブ2の回転速度 } n_i) \}$ から、上記予圧 F_0 を求める事ができる。尚、上記図2の特性は、予め実験或いは計算により求めておき、制御器中にマップ等として記憶させておく。この場合に使用する上記公転速度 n_c は、前記両列の転動体3、3の公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} のうちの何れでも良い。或いは、両列の公転速度の和と上記ハブ2の回転速度との比 $\{ (n_{ca} + n_{cb}) / n_i \}$ に基づいて、上記予圧 F_0 を求める事もできる。

20

又、前後方向のラジアル荷重の影響もできるだけ排除する事が好ましい。そこで、好ましくは、アクセル開度が小さい状態、或いは、アクセル開度が一定の状態、更にはブレーキを使用していない状態（ブレーキペダルが踏まれず、ブレーキ液圧が0である等）で、上記予圧 F_0 に関する補正を行なう。

【0051】

更には、上記予圧 F_0 を求める作業を、アキシアル荷重 F_y が0若しくは小さい状態で求めるのに限らず、アキシアル荷重が負荷されている状態で求める事も可能である。但し、この場合には、図2から明らかな通り、アキシアル荷重 F_y を負荷していない側（プラス荷重の場合にはインナー側、マイナス荷重の場合にはアウター側）の列の転動体3、3の公転速度 n_{ca} 、 n_{cb} から上記予圧 F_0 を求める事が、この予圧 F_0 の精度を確保する面から好ましい。尚、上記アキシアル荷重 F_y を負荷している列が、インナー側の列であるか、アウター側の列であるかの判別ができない場合には、やはり図2から明らかな通り、公転速度の遅い列の公転速度を使用して上記予圧 F_0 を求めても、アキシアル荷重 F_y を負荷していない側の列の公転速度を使用した場合と同様に、上記予圧 F_0 を精度良く求める事ができる。何れの場合でも、各転動体3、3に付与されている予圧 F_0 が残っている事が、前述の通り、前提となる。

30

40

【0052】

即ち、図2に示す様に、正のアキシアル荷重 F_y が作用している状態では、このアキシアル荷重 F_y による公転速度 n_c の変化が、このアキシアル荷重 F_y を負荷しないインナー側の列では小さい（アキシアル荷重 F_y による公転速度 n_c の誤差が小さい）。これに対して、負のアキシアル荷重 F_y が作用している状態では、このアキシアル荷重 F_y による公転速度 n_c の変化が、このアキシアル荷重 F_y を支承しないアウター側の列では小さい（アキシアル荷重 F_y による公転速度 n_c の誤差が小さい）。この為、アキシアル荷重 F_y を負荷せずに接触角 θ が小さく、公転速度 n_c が遅い列の公転速度 n_c を利用して（ n_c / n_i ）、上記予圧 F_0 を求められる。逆に、正のアキシアル荷重 F_y が作用する状態でのアウター側の列、及び、負のアキシアル荷重 F_y が作用する状態でのインナー側の

50

列（或いは、公転速度 n_0 の速い列）では、このアキシアル荷重 F_y の変化に対する公転速度 n_0 の変化量が大きい為、このアキシアル荷重 F_y の測定値に誤差がある（予圧 F_0 が不明の場合、必然的に誤差が大きくなる）と、上記予圧 F_0 の測定に関しても誤差が生じる。

【0053】

以上の説明は、本発明を外輪 1 とハブ 2 との間に加わるアキシアル荷重 F_y の測定に使用する構造に適用した場合に就いて説明した。これに対して本発明は、（上下方向或いは前後方向の）ラジアル荷重 F_z 、 F_x の測定に使用する構造に適用する事もできる。この様なラジアル荷重 F_z 、 F_x の測定を行なう構造の場合には、エンコーダの被検出面を軸方向側面とし、この被検出面に、例えば図 1 に示す様な「く」字形の透孔を、内径側半部と外径側半部とで、径方向に対する傾斜方向を互いに逆方向にした状態で設ける。更には、複数方向の荷重（例えば、アキシアル荷重 F_y + 上下方向のラジアル荷重 F_z 、アキシアル荷重 F_y + 前後方向のラジアル荷重 F_x 、アキシアル荷重 F_y + 上下方向のラジアル荷重 F_z + 前後方向のラジアル荷重 F_x 等）を求める構造に関して、本発明を適用する事もできる。この様に、複数方向の荷重を求める構造に就いて本発明を適用する場合には、アキシアル荷重 F_y に加えて、他の方向の荷重を考慮しつつ、予圧 F_0 の推定を行なう事もできる。

10

【0054】

尚、本発明を実施する場合に、経年変化による予圧 F_0 の低下（変化）を判断（比較）する為に、この予圧 F_0 に関する情報を、変位に基づいて荷重を求める為の演算器のメモリに記憶させておく。このメモリとしては、EEPROM やフラッシュメモリに代表される不揮発性の（電源を切ってもデータが消えない）ものを使用する。そして、転がり軸受ユニットの初期状態の予圧 F_0 を上記メモリに記憶しておき、新たに求めた予圧 F_0 が初期状態と異なる場合は、この新たに求めた予圧 F_0 に基づいて、上記変位から荷重を求める為の零点とゲイン特性とを補正する。この結果、この変位に基づいてこの荷重を、精度良く求められる。尚、この様に、予圧 F_0 の変化に基づいて上記零点とゲイン特性とを補正する場合に、この予圧 F_0 の変動値（変化分）に対する閾値を設定しておき、この閾値を超えた場合にのみ補正を行なう様にしても良い。又、新たに予圧 F_0 を求めた場合に、その値を、随時メモリに書き込んでおき、この予圧 F_0 の変動に関する判断を行なう（例えば、急激な予圧低下時に警告を発生する）事もできる。

20

30

【0055】

又、公転速度 n_0 の検出方法に就いても、前述の様な、公転速度検出用エンコーダ 23a、23b を使用する構造の他、前記各転動体 3、3 の公転運動に伴う振動の周波数 zf 。（公転周波数 f_0 × 転動体数 z ）を検出する事で、これら各転動体 3、3 の公転速度 n_0 を求める事もできる。この公転速度 n_0 の概略値は、前述の様に測定する前記ハブ 2 の回転速度 n_i が分かれば、初期接触角 θ_0 から、前記（1）式を使って求められるし、転動体 3、3 の数 z は既知であるので、上記公転運動に伴う振動の周波数 zf の概略値を求める。そこで、前記外輪 1 の振動を検出する振動センサの検出信号を、この周波数 zf の概略値近辺の周波数を通過させるバンドパスフィルター（BPF）により処理し、この周波数 zf 成分を抽出する事により、上記公転運動に伴う振動の周波数 zf に関する正確な値を求める。

40

【0056】

具体的には、前記外輪 1 と前記ハブ 2 との間の相対変位を検出する変位情報（1 対のセンサの検出信号の位相差が両センサの 1 周期に対する比に関する情報、或いは 1 個のセンサの検出信号のデューティ比に関する情報）、別途設置した振動センサが検出した振動の周波数を表す出力信号、磁歪効果や歪みゲージ等の歪み出力情報を表す信号に、上記周波数 zf の近傍の周波数を通過させる BPF の処理を施す事で、上記公転運動に伴う振動の周波数 zf に関する正確な値を抽出する。尚、上記 BPF の処理を施す前に、この周波数を転動体の数 z で除して公転周波数 f_0 を求め（或いは直接 f_0 を測定し）、この公転周波数 f_0 から、上記予圧 F_0 を求める事もできる。

50

【 0 0 5 7 】

尚、上記各周波数 $z f_c$ 、 f_c を検出する場合に、これら各周波数 $z f_c$ 、 f_c 成分をより顕著に検出可能にする為、上記各転動体 3、3 に相互差を与える（何れか 1 個の転動体 3 の直径を、他の転動体 3、3 の直径よりも僅かに大きくする）事も有効である。

又、インナー列とアウター列との区別を容易にする為に、両列の周波数 $z f_c$ （ f_c ）成分を互いに異ならせる事もできる。このうちの周波数 $z f_c$ 成分を変えるには、上記両列同士の間で接触角、転動体の直径、各転動体のピッチ直径、転動体の数等のうちから選択される 1 乃至複数の要素を、上記両列同士の間で互い異ならせる（但し、周波数 f_c の場合は、転動体の数を除く）。

【 0 0 5 8 】

又、公転速度検出用エンコーダ（図 1 に示した公転速度検出用エンコーダ 2 3 a、2 3 b のうちの一方又は双方）のみ追加する（公転速度検出の為に専用のセンサ 1 9 c、1 9 d は設けない）事もできる。この場合には、この追加した公転速度検出用エンコーダと、外輪 1 とハブ 2 との相対変位を検出する為のセンサ（図 1 に示したセンサ 1 9 a、1 9 b）とを近接配置して、磁気干渉を起こさせる。そして、この磁気干渉に基づいて、上記外輪 1 とハブ 2 との相対変位を検出する為のセンサ（1 9 a、1 9 b）の検出信号中に、上記各転動体 3、3 の公転速度を表す情報を混入させる。そして、この公転速度を表す情報を混入した出力信号を、 $f_c \times$ 公転速度検出用エンコーダのパルス数の周波数を通過させる BPF により処理して、上記公転速度を求める事もできる。

【 0 0 5 9 】

図 4 は、以上に述べた様な、本発明を実施する場合に使用する処理回路の 1 例を示している。この図 4 に示した処理回路では、先ず、1 対のセンサ A、B の検出信号に基づいて、外輪 1 とハブ 2（図 1）との相対変位（位相差 / 1 周期 = 位相差比）を測定する。そして、この位相差比を表す信号に基づいて、これら外輪 1 とハブ 2 との間に作用する荷重を求めると共に、この位相差比を表す信号を BPF により処理して、公転周波数 $z f_c$ （又は f_c ）を抽出し、各転動体 3、3（図 1）の公転速度 n_c を求める。又、何れかのセンサ A の出力信号、或いは従来から一般的に使用されている ABS 用のセンサの出力信号から、上記ハブ 2 の回転速度 n_i を求める。そして、上記公転速度 n_c とこのハブ 2 の回転速度 n_i との比「 n_c / n_i 」を算出し、上記各転動体 3、3 に付与されている予圧 F_0 を求める。この様にして求めた予圧 F_0 の値は、上記荷重を算出する為の演算器に設けたメモリに格納すると共に、予圧補正判定回路で、初期の予圧、又は、以前に推定した予圧等と比較して補正を行なうかどうかの判定を行なう。そして、予圧 F_0 変動が大きいと判定した場合には、新たに求めた予圧 F_0 から求めた零点及びゲイン特性を用いて、荷重変換部で、上記位相差比から上記荷重を求める計算を行なわせる。この様に構成する事により、予圧 F_0 の経年変化にも対応可能で、この経年変化に拘らず上記荷重を精度良く求められる、荷重測定装置付転がり軸受ユニットを実現できる。

尚、上記図 4 に示した処理回路中のメモリは、求めた予圧 F_0 だけでなく、この予圧 F_0 から求めた零点やゲイン特性や初期の予圧等を格納する事もできる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 0 】

図 1 に示した構造は、磁性金属板製のエンコーダ 4 d の外周面のうちで軸方向に離隔した 2 箇所位置に、それぞれ 1 対のセンサ 1 9 c、1 9 d の検出部を対向させた構造に就いて示している。但し、本発明は、この様な構造に限らずに実施できる。例えば、前述の図 5 ~ 8 に示した先発明の第 1 例の構造の様に、永久磁石製のエンコーダを使用する構造に就いて、本発明を実施する事も可能である。

又、外輪 1 とハブ 2 とのアキシアル方向の変動に伴って変化する、1 個のエンコーダの出力信号のデューティ比に応じて、この変動の方向及び量を求める構造に、本発明を適用する事もできる。この場合には、例えば図 1 4 に示す様なエンコーダ 4 b を使用する。

この様な構造でも、予圧が変動すると、上記アキシアル方向の変動の方向及び量に基づいて荷重を正確には求められなくなる。これに対して、本発明により予圧に関する補正を

10

20

30

40

50

行なえば、この予圧の変動が、上記アキシアル方向の変動の方向及び量に基づく荷重の測定精度を悪化させる事を防止できる。

尚、永久磁石製のエンコーダ本体の外周面の着磁領域を台形とした（円周方向に隣り合うS極とN極との境界を軸方向に対し傾斜させた）エンコーダと1個のセンサとを組み合わせた場合も、同様にして、予圧の変動がアキシアル方向の変動の方向及び量に基づく荷重の測定精度を悪化させる事を防止できる。

又、エンコーダとセンサとの組み合わせは、磁気検知式のものに限るものではない。例えば、渦電流式のセンサや光学式のセンサを使用する事もできる。

更には、転がり軸受ユニットに構造に就いても、図示の様な玉軸受ユニットに限らず、複列円すいころ軸受ユニットとする事もできる。

10

又、センサを、1対の外輪軌道同士の間部分の他、外輪の内端部に配置する事もできる。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明の実施例を示す断面図。

【図2】予圧とアキシアル荷重とが転動体の公転速度に及ぼす影響を示す線図。

【図3】ラジアル荷重とアキシアル荷重とが転動体の公転速度に及ぼす影響を示す線図。

【図4】本発明を実施する場合に使用する処理回路の1例を示すブロック図。

【図5】先発明に係る荷重測定装置付転がり軸受ユニットの第1例を示す断面図。

【図6】この第1例に組み込むエンコーダの斜視図。

20

【図7】同じく展開図。

【図8】アキシアル荷重の変動に伴って変化するセンサの出力信号を示す線図。

【図9】先発明の第2例を示す断面図。

【図10】この第2例に組み込むエンコーダの斜視図。

【図11】同じく展開図。

【図12】アキシアル荷重の変動に伴って変化するセンサの出力信号を示す線図。

【図13】先発明の第3例を示す断面図。

【図14】この構造に組み込むエンコーダを取り出して示す部分斜視図。

【図15】先発明の第4例に組み込むエンコーダを軸方向から見た側面図。

30

【符号の説明】

【0062】

1、1a 外輪

2、2a ハブ

3、3a 転動体

4、4a、4b、4c、4d エンコーダ

5、5a、5b センサ

6a、6b、6c 透孔

7a、7b 柱部

8 リム部

9 スプライン孔

40

10 凹部

11 凸部

12、12a 取付孔

13、13a ハブ本体

14、14a 内輪

15、15a 小径段部

16 ナット

17、17a 段差面

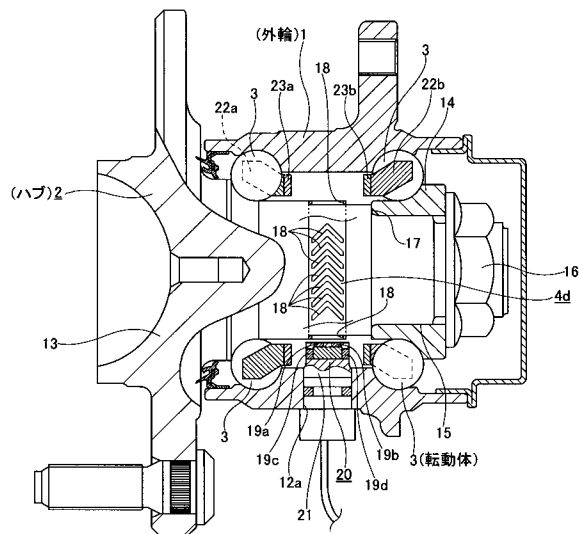
18 透孔

19a ~ 19d センサ

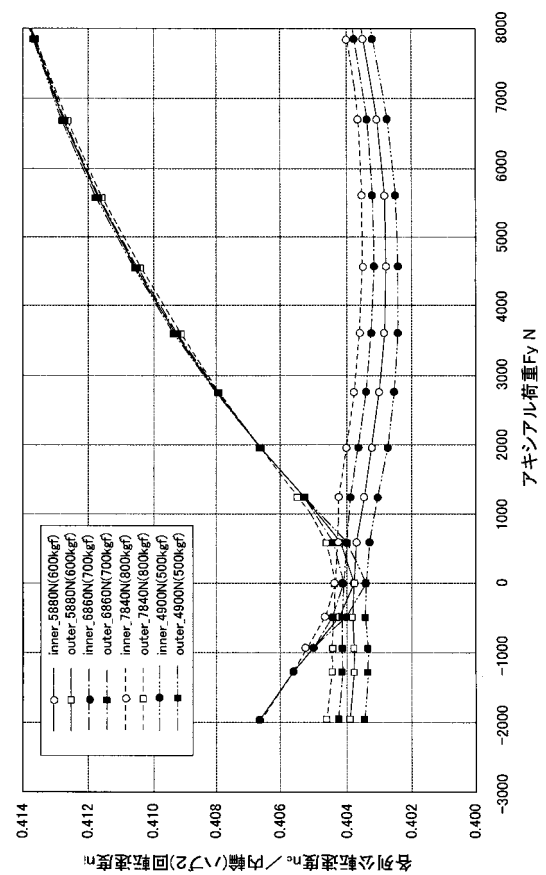
50

- 2 0 センサユニット
 2 1 ホルダ
 2 2 a、2 2 b 保持器
 2 3 a、2 3 b 公転速度検出用エンコーダ

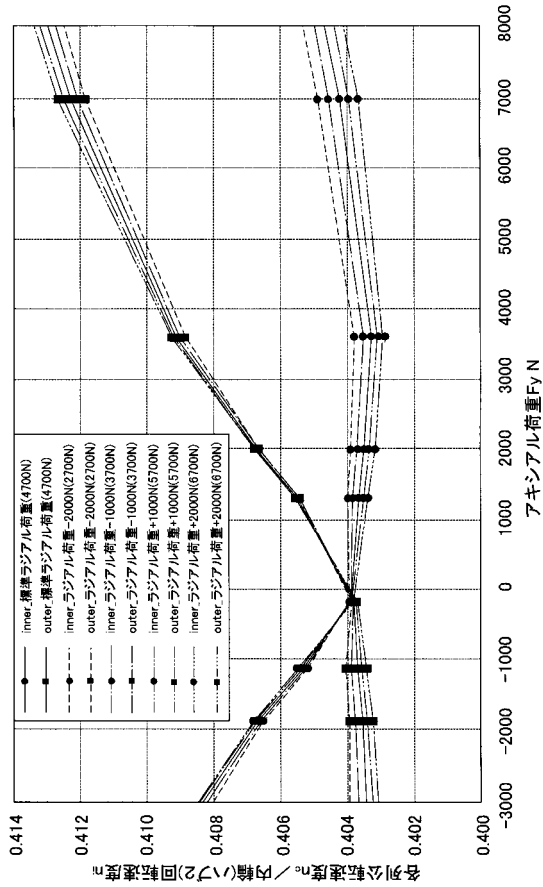
【図 1】



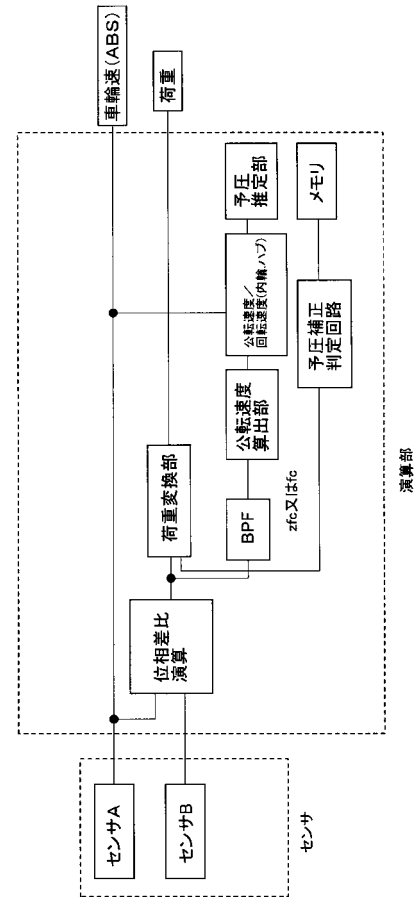
【図 2】



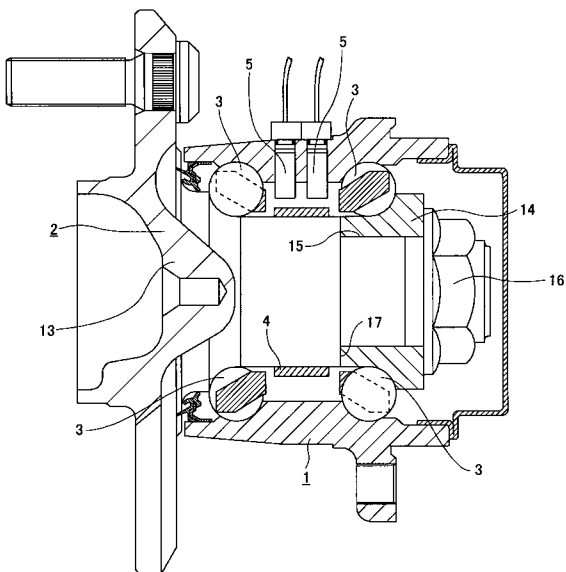
【図 3】



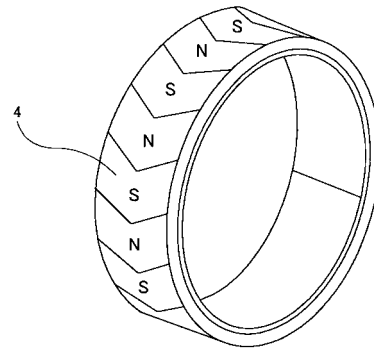
【図 4】



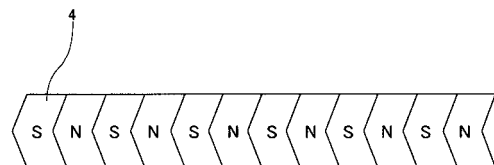
【図 5】



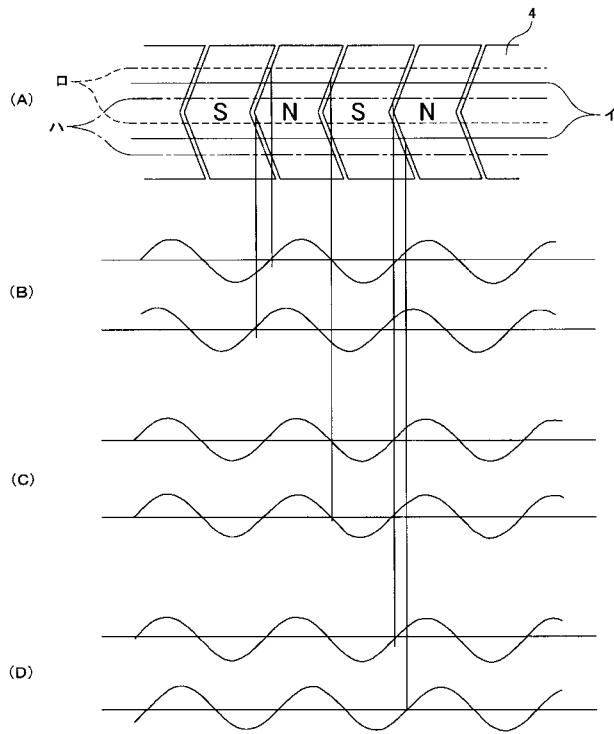
【図 6】



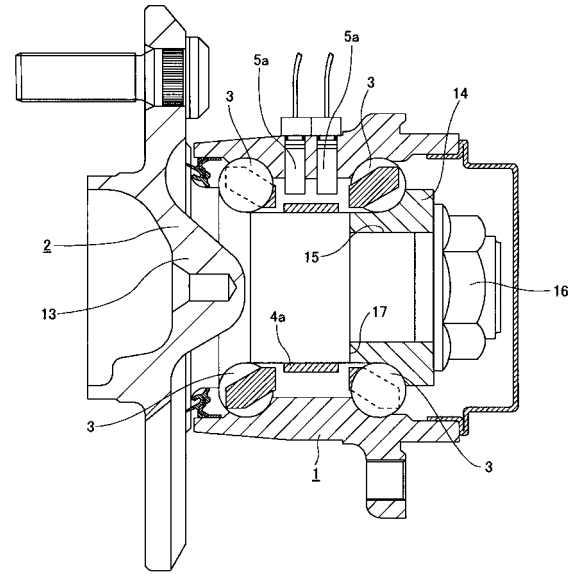
【図 7】



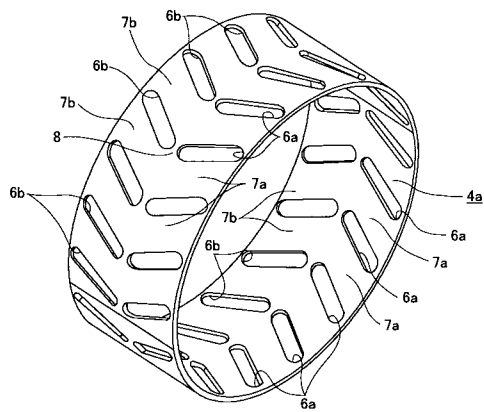
【図 8】



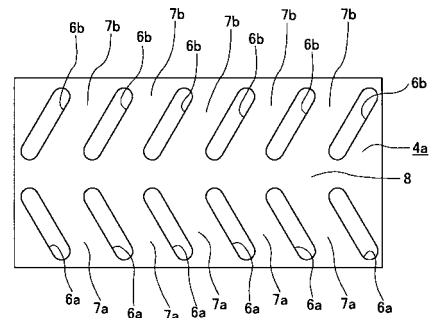
【図 9】



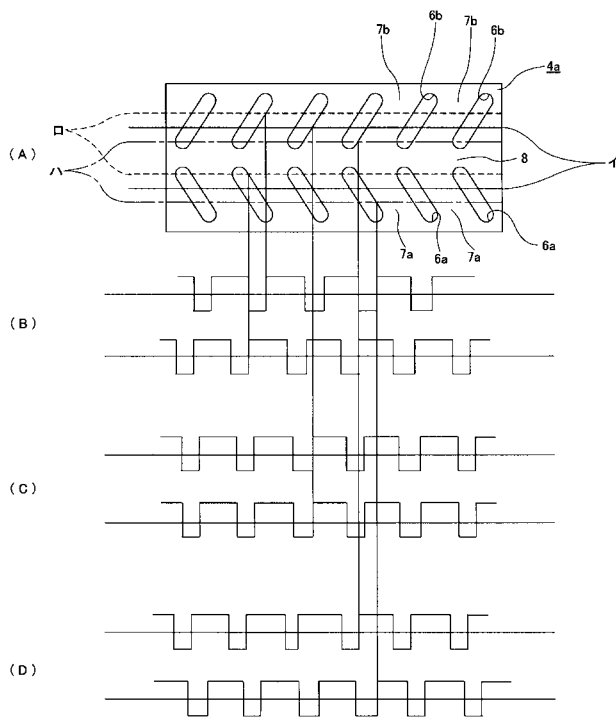
【図 10】



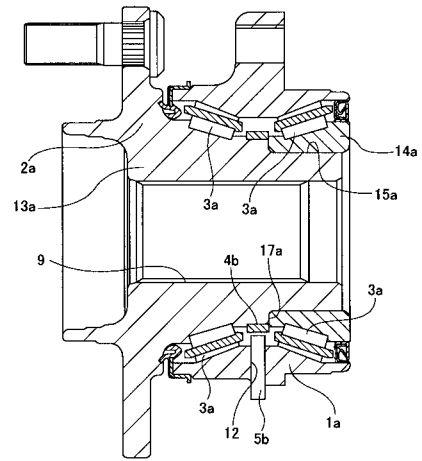
【図 11】



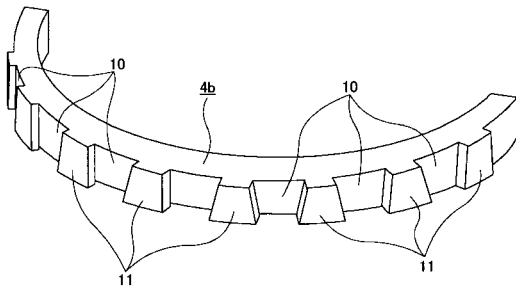
【図 1 2】



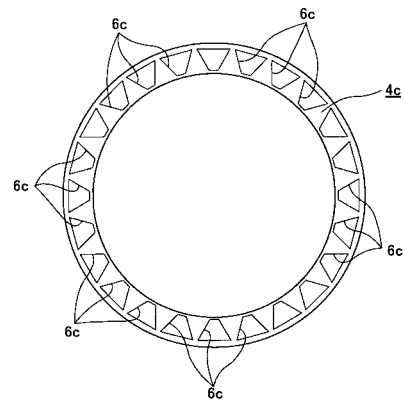
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(72)発明者 青木 護

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

Fターム(参考) 2F051 AA01 AB05 BA07

3J101 AA02 AA32 AA43 AA54 AA62 FA23 FA25 FA26 GA03